

⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 44 18 906 A 1

⑳ Aktenzeichen: P 44 18 906.0
㉑ Anmeldetag: 31. 5. 94
㉒ Offenlegungstag: 7. 12. 95

⑤ Int. Cl.⁸:
C 23 C 14/35
C 23 C 14/56
C 23 C 16/50
C 23 C 16/54
H 01 J 37/34
H 05 H 1/46

DE 44 18 906 A 1

㉓ Anmelder:
Leybold AG, 63450 Hanau, DE

㉔ Vertreter:
Schlagwein, U., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 61231 Bad
Nauheim

㉕ Erfinder:
Szczyrbowski, Joachim, Dr., 63773 Goldbach, DE

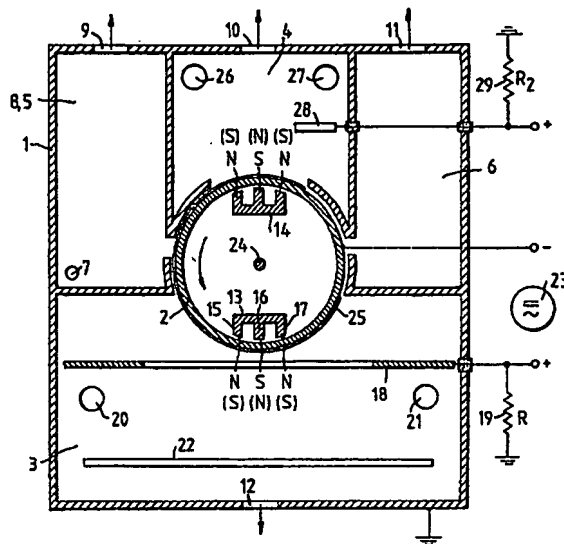
㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 41 38 926 A1
DE 41 26 236 A1
DE-OS 21 53 861
EP 1 34 559 A2

JP 4-210470 A., In: Patents Abstracts of Japan,
C-1006, Nov.20, 1992, Vol.16, No.552;

㉗ Verfahren zum Beschichten eines Substrates und Beschichtungsanlage zu seiner Durchführung

㉘ Eine Beschichtungsanlage hat in einem Gehäuse (1) eine Sputterkammer (3) zum Beschichten eines Substrates (22) und eine Targetträger-Beschichtungskammer (4) zum kontinuierlichen Beschichten eines in beide Kammern (3, 4) ragenden, umlaufenden Targetträgers (2) mit einem Target (25). Ihre in der Targetträger-Beschichtungskammer (4) beschichtete Fläche durchläuft kontinuierlich die Sputterkammer (3). Dabei bildet die zuvor erzeugte Beschichtung in der Sputterkammer (3) ein Target (25) für den Sputterprozeß.



DE 44 18 906 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten eines Substrates mittels einer Zerstäuber Kathode, welche vor einem Magneten einen Targetträger mit einem Target aufweist, bei dem der Targetträger mit einem Teilbereich in eine Sputterkammer zum Beschichten des Substrates und mit einem anderen Teilbereich in eine Targetträger-Beschichtungskammer hineinragt und bei dem man den Targetträger rotieren läßt, so daß seine in der Targetträger-Beschichtungskammer beschichtete Fläche kontinuierlich die Sputterkammer durchläuft. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Beschichtungsanlage zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein Verfahren der vorstehenden Art ist Gegenstand des europäischen Patentes 0 291 044. Die in dieser Schrift beschriebene Beschichtungsanlage hat als Targetträger und Target ein als flache Kreisscheibe ausgebildetes, um eine senkrechte Achse rotierendes Bauteil, welches mit einer Hälfte in eine Sputterkammer und mit seiner anderen Hälfte in eine Targetträger-Beschichtungskammer ragt. In der Sputterkammer ist unterhalb des Targets eine Magnetanordnung vorgesehen, so daß dort eine Magnetronkathode gebildet wird und durch Sputtern eine großflächige Folie wirtschaftlich beschichtet werden kann. Um die Beschaffenheit des Schichtsystems trotz Verwendung ein und desselben Targets beeinflussen zu können, sind in der Targetträger-Beschichtungskammer zwei weitere Targets angeordnet, denen jeweils eine Ionenquelle zugeordnet ist. Das ermöglicht es, in der Targetträger-Beschichtungskammer auf dem Haupttarget zusätzliches Targetmaterial aufzusputtern, um in der Sputterkammer dieses Material zusammen mit dem Material des als Scheibe ausgebildeten Haupttargets zu zerstäuben. Alternativ lehrt die EP-C-0 291 044, in der Targetträger-Beschichtungskammer einen Metallstab anzuordnen, dessen Material zur Erzeugung einer Schicht auf dem Haupttarget verdampft werden kann.

Das Sputterverfahren ermöglicht es als einziges Beschichtungsverfahren, auf großen Flächen wirtschaftlich brauchbare Schichten zu erzeugen. Nur mit diesem Verfahren kann man die bei Interferenzsystemen erforderliche Schichtgleichmäßigkeit auf großen Flächen gewährleisten. Aus diesem Grunde werden Schichtsysteme für Architekturglas beinahe ausschließlich mit Sputtertechnik produziert.

Das Sputterverfahren hat jedoch auch gravierende Nachteile gegenüber anderen Beschichtungsverfahren, insbesondere dem thermischen und dem chemischen Aufdampfen, dem Lichtbogenaufdampfen und dem Elektronenstrahlaufdampfen. Diese Nachteile des Sputterverfahrens sind insbesondere der hohe Targetpreis, die kurze Standzeit des Targets und die geringe Targetausnutzung. Der hohe Targetpreis ergibt sich aus den Materialkosten, den Herstellungskosten und den Bondkosten. In vielen Fällen sind die Herstellungskosten und die Bondkosten wesentlich höher als die Materialkosten. Die Standzeit eines Planartargets beträgt bei den heutigen Sputterraten etwa zwei Wochen. Das hat zur Folge, daß Sputteranlagen in Abständen von zwei Wochen stillgesetzt und belüftet werden müssen, damit das Target ausgewechselt werden kann. Eine Erhöhung der Sputterraten würde die Zeiträume bis zum Auswechseln des Targets verkürzen und deshalb kaum zu einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit beitragen. Die Targetausnutzung beträgt derzeit bei Planarmagnetronkathoden etwa 25 bis 30%. Bei Rohrkathoden sind in der

Praxis 70% Targetausnutzung zu erreichen.

Die vorgenannten Nachteile des Sputterverfahrens sind auch bei der Beschichtungsanlage nach der eingangs genannten EP-C-0 291 044 vorhanden. Die Anlage ist in regelmäßigen Abständen stillzusetzen, um den kreisscheibenförmigen, rotierenden Targetträger mit dem Target in der Sputterkammer und die zusätzlichen Targets in der Targetträger-Beschichtungskammer gegen neue Targets oder den dort angeordneten Metallstab auszutauschen. Deshalb ist ein kontinuierliches Beschichten nur während eines relativ kurzen Zeitraumes möglich.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Beschichtungsverfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß die hierzu erforderliche Anlage möglichst lange ununterbrochen in Betrieb bleiben kann. Weiterhin soll eine Beschichtungsanlage zur Durchführung dieses Verfahrens entwickelt werden.

Das erstgenannte Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Aufbringen des Targetmaterials auf den Targetträger in der Targetträger-Beschichtungskammer durch Beschichtung mittels eines kontinuierlich von außerhalb in die Targetträger-Beschichtungskammer eingeführten Quellenmaterials erfolgt und ausschließlich diese Beschichtung des Targetträgers als Target in der Sputterkammer verwendet wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Target in der Anlage durch Beschichtung kontinuierlich erzeugt. Es wird immer das Target zerstäubt, welches unmittelbar zuvor erzeugt wurde. Das Aufbringen der das Target bildenden Schicht kann mit bekannten Verfahren sehr wirtschaftlich mit geringerer Energie als beim Sputtern und hohen Beschichtungsraten erfolgen. Da gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren die auf der Elektrode erzeugte Schicht jedoch anschließend kathodenzerstäubt wird, um auf das Substrat zu gelangen, tritt der Nachteil einer ungleichförmigen Schichtdicke bei Targetbeschichtung auf großflächigen Substraten nicht in Erscheinung. Dank der Erfindung wird es somit möglich, große Flächen sehr gleichmäßig mit hoher Wirtschaftlichkeit und sehr langen, ununterbrochenen Nutzungszeiten der Anlage zu erzeugen. Das erfindungsgemäße Verfahren vereint die Vorteile des Sputterns und der anderen Methoden der Schichtherstellung, ohne die jeweiligen Nachteile der Beschichtungsverfahren zu übernehmen.

Besonders wirtschaftlich arbeitet das erfindungsgemäße Verfahren, wenn die Beschichtung des Targetträgers durch chemisches Aufdampfen mit Plasma-Unterstützung (PCVD) erfolgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist mit besonders geringem apparativen Aufwand auszuführen, wenn für das Sputtern und das Beschichten des Targetträgers eine gemeinsame Strom-Spannungsversorgung benutzt wird.

Die auf dem Targetträger erzeugte Schicht kann vor ihrem Eintritt in die Sputterkammer durch eine chemische Reaktion in eine für das Sputtern optimale Form umgewandelt werden, wenn gemäß einer anderen, besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung der in der Targetträger-Beschichtungskammer beschichtete Bereich des Targetträgers vor dem Eintritt in die Sputterkammer durch eine Reaktionskammer zur chemischen Behandlung der Beschichtung geführt wird. Hierdurch wird es beispielsweise möglich, beim Sputtern von elektrisch leitenden In_2O_3 -Schichten, dotiert mit Sn (ITO) das aufgebrachte, metallische Indium und Zinn teilweise zu oxidieren, indem man in die Reaktionskam-

mer Sauerstoff eingibt. Durch das Sputtern mit einem oxidischen Target ergeben sich oftmals bessere Schichteigenschaften als durch Sputtern mit metallischem Target. Weiterhin ist ein Metalltarget viel billiger als ein Oxidtarget.

Das zweitgenannte Problem, nämlich die Schaffung einer Beschichtungsanlage zur Durchführung des Verfahrens, wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Targetträger-Beschichtungskammer zum Aufbringen des Targets auf den Targetträger mittels eines kontinuierlich von außerhalb in die Targetträger-Beschichtungskammer eingeführten Quellenmaterials und die Sputterkammer zum ausschließlichen Sputtern dieses Targets ausgebildet ist.

Mit einer solchen Anlage kann man großflächige Substrate sehr gleichmäßig und mit hohen Beschichtungsraten beschichten, ohne daß die Anlage in regelmäßigen Abständen stillgesetzt werden muß, um ein verbrauchtes Target auszuwechseln. Die erfindungsgemäße Beschichtungsanlage nutzt die Vorteile des Sputterns und der anderen Schichtherstellungsmethoden, vermeidet aber die jeweiligen Nachteile der Beschichtungsverfahren.

Besonders einfach und leistungsfähig ist die Beschichtungsanlage ausgebildet, wenn gemäß einer Weiterbildung der Erfindung die Targetträger-Beschichtungskammer zum Beschichten durch chemisches Aufdampfen mit Plasma-Unterstützung (PCVD) ausgebildet ist.

Die das Target bildende Schicht auf dem Targetträger kann vor ihrem Eintritt in die Sputterkammer chemisch verändert und deshalb für die durch die Kathodenzerstäubung produzierte Schicht optimiert werden, wenn zwischen der Targetträger-Beschichtungskammer und der Sputterkammer eine Reaktionskammer zur chemischen Behandlung des durch Beschichtung erzeugten Targets auf dem Targetträger vor Eintritt in die Sputterkammer angeordnet ist.

Wichtig für die erfindungsgemäße Beschichtungsanlage ist es, daß der Targetträger mit seiner Fläche kontinuierlich die Targetträger-Beschichtungskammer und die Sputterkammer durchläuft. Hierzu kann er unterschiedlich gestaltet sein und beispielsweise die Form einer Scheibe haben, wie das in der eingangs genannten EP-C-0 291 044 gezeigt ist. Besonders vorteilhaft für großflächige Substrate ist die Beschichtungsanlage ausgebildet, wenn der Targetträger als Rohrkörper ausgebildet ist und in ihm zueinander gegenüberliegend zwei separate Magnete angeordnet sind, welche geschlossene Magnetschläuche bilden und von denen ein Magnet der Sputterkammer und der andere der Targetträger-Beschichtungskammer zugewandt ist. Hierbei ist das Magnetfeld für die Unterstützung des PCVD-Verfahrens so auszuwählen, daß eine optimale Rate der Beschichtung des Targetträgers gewährleistet wird.

Ein Sputtern in der Targetträger-Beschichtungskammer kann auf einfache Weise dadurch verhindert werden, daß der Magnet der Sputterkammer eine wesentlich höhere Feldstärke hat als der andere Magnet.

Beim Sputtern wird Material auf den Bögen des sich im Target bildenden Grabens stärker als im Bereich der Geraden abgetragen, weil auf den Bögen der Grabenverlauf teilweise senkrecht zur Kathodenachse verläuft. Dieser Effekt kann beim Aufbringen des Targets in der Targetträger-Beschichtungskammer dadurch kompensiert werden, daß die beiden Magnete übereinstimmend ausgebildet sind, so daß von der Form her gleiche Magnetfelder entstehen. Hierdurch wird in der Elektrodenbeschichtungskammer im Bereich der Bögen mehr Ma-

terial aufgetragen.

Der Sputtervorgang und das Targetaufbringen können einzeln optimal durchgeführt werden, wenn in der Sputterkammer und der Targetträger-Beschichtungskammer jeweils eine Anode angeordnet ist und beide Anoden unabhängig voneinander und unterschiedlich mit positivem Potential verbunden sind.

Da in der Sputterkammer und der Targetträger-Beschichtungskammer unterschiedliche Verfahren ablaufen, sind auch die Gasatmosphären beider Kammern verschieden, so daß ein Gasübertritt vermieden werden muß. Das kann man auf einfache Weise dadurch erreichen, daß an beiden Seiten der Targetträger-Beschichtungskammer jeweils zwischen ihr und der Sputterkammer eine mit einer Vakuumpumpe verbundene Schleusenkammer vorgesehen ist.

Eine chemische Behandlung der aufgebrachten, das Target bildenden Beschichtung vor ihrem Eintritt in die Sputterkammer wird dadurch möglich, daß die in Drehrichtung des Targetträgers liegende Schleusenkammer zugleich die Reaktionskammer bildet.

Die Erfindung läßt zahlreiche Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon schematisch in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

Fig. 1 einen senkrechten Schnitt durch eine Beschichtungsanlage nach der Erfindung,

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Außenseite eines Magneten der Beschichtungsanlage.

Die in Fig. 1 gezeigte Beschichtungsanlage hat in einem Gehäuse 1 einen rohrförmigen Targetträger 2, welcher jeweils mit einem Teil seiner Außenmantelfläche eine Sputterkammer 3 und eine ihm gegenüberliegend angeordnete Targetträger-Beschichtungskammer 4 begrenzt. Kleinere Teilbereiche der Außenmantelfläche des Targetträgers 2 begrenzen zwei Schleusenkammern 5, 6 zu beiden Seiten der Targetträger-Beschichtungskammer 4. Die Schleusenkammer 5 hat einen Gaseinlaß 7, über den ein Reaktionsgas zugeführt werden kann, so daß die Schleusenkammer 5 zugleich eine Reaktionskammer 8 bildet. Die Sputterkammer 3, die Targetträger-Beschichtungskammer 4 und auch die beiden Schleusenkammern 5, 6 sind über Auslässe 9, 10, 11, 12 mit einer nicht gezeigten Vakuumpumpe verbunden.

Im Inneren des Targetträgers 2 sind einander gegenüberliegend zwei sich über die Länge des Targetträgers 2 erstreckende Magnete 13, 14 übereinstimmender Form angeordnet. Wie für den Magneten 13 durch Positionszahlen verdeutlicht wurde, haben beide Magnete 13, 14 zum Targetträger 2 hin gerichtete Stege 15, 16, 17, von denen die äußeren Stege 15 und 17 an ihren Enden miteinander verbunden sind. Die äußeren Stege 15, 17 sind dabei so magnetisiert, daß sie zum Targetträger 2 hin mit entgegengesetztem magnetischen Pol weisen als der dazwischenliegende Steg 16.

In der Sputterkammer 3 ist eine Anode 18 angeordnet, welche über einen Widerstand 19 mit Masse Verbindung hat. Weiterhin hat die Sputterkammer 3 Reaktionsgaseinlässe 20, 21. Dargestellt ist in der Sputterkammer 3 desweiteren ein zu beschichtendes Substrat 22.

Der Targetträger 2 ist mit dem negativen Pol einer Strom-Spannungsversorgung 23 verbunden. Weiterhin ist er um eine in ihre Längsrichtung verlaufende Achse 24 drehbar angeordnet und rotiert beim Arbeiten der Beschichtungsanlage entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn. Die Stärken der Magnete 13 und 14 werden so gewählt, daß es in der Sputterkammer 3 zu einer Zer-

stäubung eines auf dem Targetträger 2 aufgebrachten Targets 25, nicht jedoch zu einem Sputtern in der Targetträger-Beschichtungskammer 4 kommt.

Die Targetträger-Beschichtungskammer 4 hat zwei Gaseinlässe 26, 27, über die das das Target 25 bildende Material mittels eines Trägergases kontinuierlich zugeführt wird. Dadurch läuft in der Targetträger-Beschichtungskammer 4 ein übliches chemisches Aufdampfverfahren mit Plasmaunterstützung (PCVD) ab. Hierzu ist in der Targetträger-Beschichtungskammer 4 eine Anode 28 angeordnet, welche über einen Widerstand 29 mit der Masse Verbindung hat. Durch die Drehung des Targetträgers 2 gelangt die das Target 25 bildende Beschichtung aus der Targetträger-Beschichtungskammer 4 zunächst in die Reaktionskammer 8, wo sie durch Zufuhr von Reaktionsgas (beispielsweise Sauerstoff) über den Gaseinlaß 7 chemisch vorbehandelt (oxidiert). Erst danach gelangt das Target 25 in die Sputterkammer 3, wo es auf übliche Weise durch Kathodenzerstäubung von dem Targetträger 2 abgetragen wird.

Die in Drehrichtung sich anschließende Schleusenkammer 5 verhindert, daß Gas aus der Sputterkammer 3 in die Targetträger-Beschichtungskammer 4 gelangen kann.

Die Fig. 2 läßt die Gestaltung des Magneten 13 erkennen. Zu sehen ist, daß die Stege 15, 17 an ihren Enden jeweils durch einen Bogen miteinander verbunden sind und der Steg 16 zwischen den Stegen 15, 17 verläuft.

Bezugszeichenliste

1 Gehäuse	
2 Targetträger	
3 Sputterkammer	
4 Targetträger-Beschichtungskammer	35
5 Schleusenkammer	
6 Schleusenkammer	
7 Gaseinlaß	
8 Reaktionskammer	
9 Auslaß	40
10 Auslaß	
11 Auslaß	
12 Auslaß	
13 Magnet	
14 Magnet	45
15 Steg	
16 Steg	
17 Steg	
18 Anode	
19 Widerstand	50
20 Reaktionsgaseinlaß	
21 Reaktionsgaseinlaß	
22 Substrat	
23 Strom-Spannungsversorgung	
24 Achse	55
25 Target	
26 Gaseinlaß	
27 Gaseinlaß	
28 Anode	
29 Widerstand	60
30 Bogen	
31 Bogen	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten eines Substrates mittels einer Zerstäuber Kathode, welche vor einem Magneten einen Targetträger mit einem Target

aufweist, bei dem der Targetträger mit einem Teilbereich in eine Sputterkammer zum Beschichten des Substrates und mit einem anderen Teilbereich in eine Targetträger-Beschichtungskammer hineinragt und bei dem man den Targetträger rotieren läßt, so daß seine in der Targetträger-Beschichtungskammer beschichtete Fläche kontinuierlich die Sputterkammer durchläuft, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbringen des Targetmaterials auf den Targetträger in der Targetträger-Beschichtungskammer durch Beschichtung mittels eines kontinuierlich von außerhalb in die Targetträger-Beschichtungskammer eingeführten Quellenmaterials erfolgt und ausschließlich diese Beschichtung des Targetträgers als Target in der Sputterkammer verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung des Targetträgers durch chemisches Aufdampfen mit Plasma-Unterstützung (PCVD) erfolgt.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für das Sputtern und das Beschichten des Targetträgers eine gemeinsame Strom-Spannungsversorgung benutzt wird.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der in der Targetträger-Beschichtungskammer beschichtete Bereich des Targetträgers vor dem Eintritt in die Sputterkammer durch eine Reaktionskammer zur chemischen Behandlung der Beschichtung geführt wird.

5. Beschichtungsanlage zur Durchführung des Verfahrens nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, welche in einem Gehäuse eine Sputterkammer zum Beschichten eines Substrates und eine Targetträger-Beschichtungskammer zum Beschichten eines in beide Kammern ragenden, umlaufenden Targetträgers aufweist, deren in der Targetträger-Beschichtungskammer beschichtete Fläche kontinuierlich die Sputterkammer durchläuft, dadurch gekennzeichnet, daß die Targetträger-Beschichtungskammer (4) zum Aufbringen des Targets (25) auf den Targetträger (2) mittels eines kontinuierlich von außerhalb in die Targetträger-Beschichtungskammer (4) eingeführten Quellenmaterials und die Sputterkammer (3) zum ausschließlichen Sputtern dieses Targets (25) ausgebildet ist.

6. Beschichtungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Targetträger-Beschichtungskammer (4) zum Beschichten durch chemisches Aufdampfen mit Plasma-Unterstützung (PCVD) ausgebildet ist.

7. Beschichtungsanlage nach den Ansprüchen 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Targetträger-Beschichtungskammer (4) und der Sputterkammer (3) eine Reaktionskammer (8) zur chemischen Behandlung des durch Beschichtung erzeugten Targets (25) auf dem Targetträger (2) vor Eintritt in die Sputterkammer (3) angeordnet ist.

8. Beschichtungsanlage nach zumindest einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Targetträger (2) als Rohrkörper ausgebildet ist und in ihm zueinander gegenüberliegend zwei separate Magnete (13, 14) angeordnet sind, welche geschlossene Magnetschläuche bilden und von denen ein Magnet (13) der Sputterkammer (3) und der andere Magnet (14) der Targetträger-Beschich-

tungskammer (4) zugewandt ist.

9. Beschichtungsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (13) der Sputterkammer (3) eine wesentlich höhere Feldstärke hat als der andere Magnet (14).

5

10. Beschichtungsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Magnete (13, 14) übereinstimmend ausgebildet sind, so daß von der Form her gleiche Magnetfelder entstehen.

11. Beschichtungsanlage nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in der Sputterkammer (3) und in der Targetträger-Beschichtungskammer (4) jeweils eine Anode (18, 28) angeordnet ist und beide Anoden (18, 28) unabhängig voneinander und unterschiedlich mit positivem Potential verbunden sind.

10

15

12. Beschichtungsanlage nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß an beiden Seiten der Targetträger-Beschichtungskammer (4) jeweils zwischen ihr und der Sputterkammer (3) eine mit einer Vakuumpumpe verbundene Schleusenkammer (5, 6) vorgesehen ist.

20

13. Beschichtungsanlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die in Drehrichtung des Targetträgers (2) liegende Schleusenkammer (5) zugleich die Reaktionskammer (8) bildet.

25

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG.1

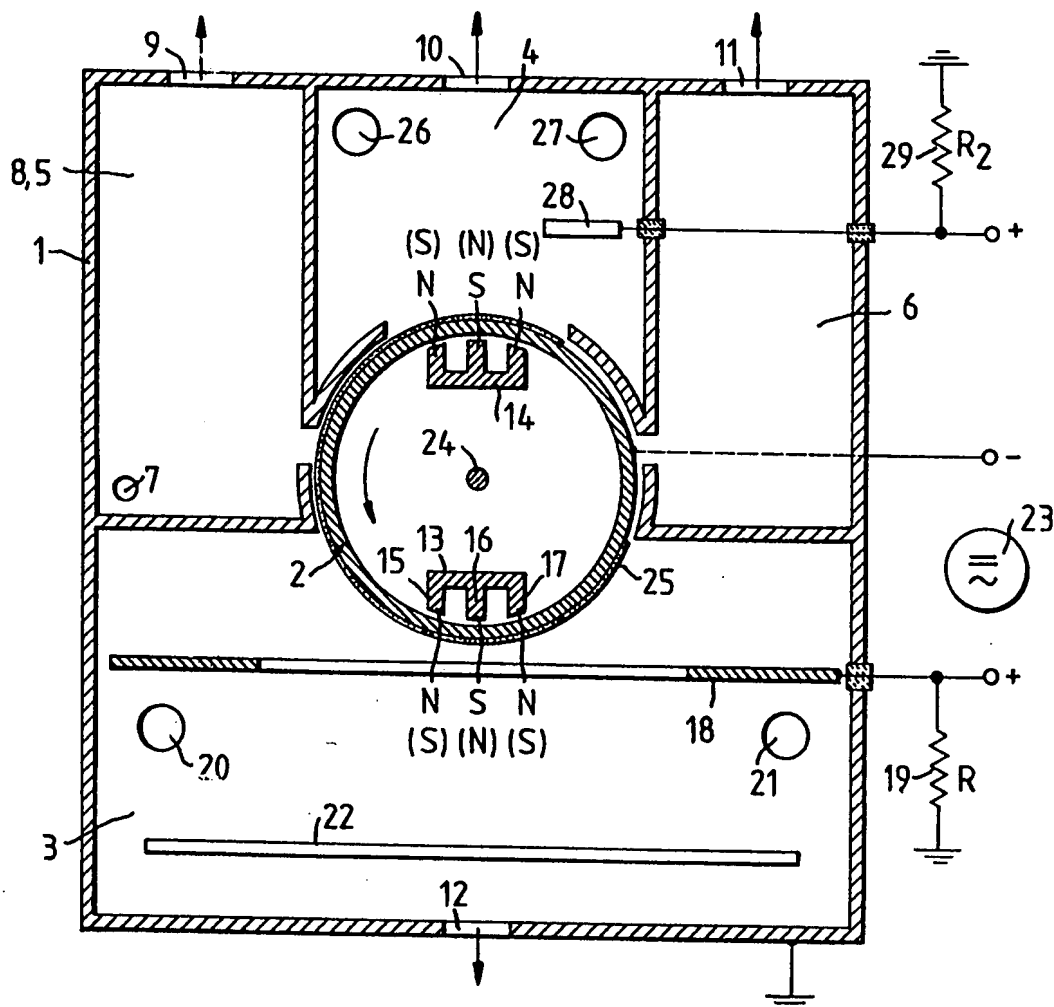


FIG.2

